

整理番号 2021M-002
補助事業名 2021年度IOT, AI, 協調制御理論によるトレーニング支援システムの開発
補助事業
補助事業者名 株式会社計算力学研究センター

1 補助事業の概要

(1) 事業の目的

自転車競技選手が国際大会等においてメダル獲得力を身につけられるようになることを目指し、競技中のフェーズに応じて最適な姿勢を見出し、持てる筋力を最大限効果的に発揮するためのトレーニングメニュー策定を支援することを目的とする。

(2) 実施内容

(2-1) IOT, AI, 協調制御理論によるトレーニング支援システムの開発

(https://www.rccm.co.jp/product/medical/fems-program/post_16.html)

(<https://www.youtube.com/watch?v=ptckth8qBDw>)

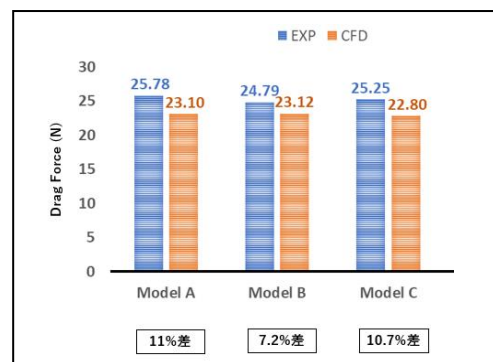
① センサーシステム機能拡張

- ・ IOTデータ取得プログラムの改良 (赤外線カメラ、ウェア型慣性センサー利用機能)
- ・ 前処理用統合環境の開発 (書式変換、ノイズ除去、同期、グラフ出力機能)
- ・ FEMS2Dプログラムの改良 (踏力と筋活動度の相関出力機能)
- ・ FEMS3Dプログラムの改良 (踏力・角度・パワー・筋活動度の出力機能)
- ・ FEMS_Visionプログラムの開発 (リアルタイム解析表示機能)
- ・ フィールド用センサーシステムの開発 (ウェア型慣性センサーと靴底型センサー)

② AIプログラムの高度化(BlazePOSEとMediaPipeの調査)

③ CFD検証 (CFDによる抵抗計算技術の改良と、 風洞試験での実験結果で検証)

CFDのモデル化と抵抗計算技術を改良した上で、国立スポーツ科学センター風洞試験 (風速35km/h)におけるクランク角度4パターンでの空力抵抗をCFDで評価し、実験値との比較を行った。非常に高精度な予測 (誤差11%以下) ができていることから、風洞試験でしか知ることのできなかつた空力抵抗を、CFDで代替予測できることが判明した。



- ④ クラウド化（筋力測定プログラムのWEBアプリ化）
- ⑤ 小型筋力測定器の開発（携帯可能、AD変換機不要、ハンドルタイプ）
- ⑥ 空気抵抗反映型自転車の研究開発（空力抵抗模擬装置の改良）

（2-2） IOT, AI, 協調制御理論によるトレーニング支援システムの検証

① 国立スポーツ科学センター風洞試験での性能検証

風洞内における自転車漕ぎ運動時に、姿勢（サドル位置）・風抵抗の有無に応じて、クランクに生じるパワー・被験者の脚の実効筋活動度がどう変わるのかを調べ、性能検証とした。固定負荷と風速追従負荷のケースに対して、以下の成果が得られた。

1. 固定負荷（風速に応じた負荷がかからない）の場合

- ・サドル位置依存性・・・サドル位置が変わっても、実効筋活動度の順位(E2→F1)の順位は変わらない。
- ・風速依存性・・・風速が変わっても、実効筋活動度の順位(E2→F1)の順位は変わらない。

2. 可変負荷（風速に応じた負荷をかける）の場合

- ・サドル位置依存性・・・サドル位置が変わっても、実効筋活動度の順位(E2→F1)の順位は変わらない。
- ・風速依存性・・・風速が変わっても、実効筋活動度の順位(E2→F1)の順位は変わらない。

3. どの測定条件においても、実効筋活動度はE2、F1、F3が高く、これらに拮抗するF2、E1、E3は低い。

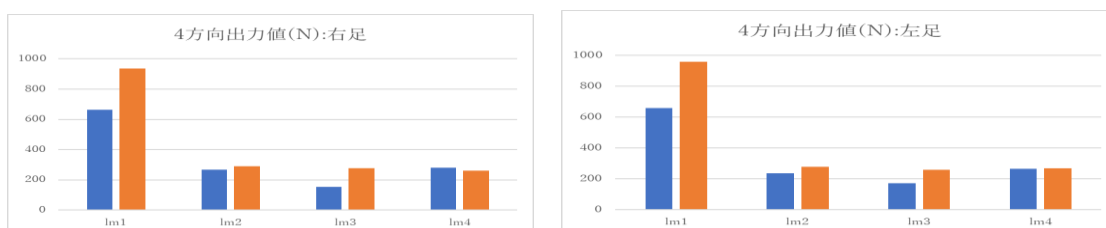
② 汎用筋力解析ソフトウェアとの比較検証（東海大学との共同研究）

当社実験室で実施した自転車こぎ試験の測定データをFEMSプログラムで解析し、異なるソフトウェアOpenSIMでの解析結果と比較した。f1（大殿筋）の一部の筋肉やf2、e3の結果には相違が見られたが、f1（大殿筋）の残りの筋肉やf3、e2（大腿二頭筋長頭、大腿直筋）の結果にはFEMSの結果に類似した部分が見られた。一方で、筋活動度はFEMSでは100%近い値になることが多かったが、それに比べるとOpenSimでは全体的に低い傾向が見られた。自転車こぎで使用頻度の高いe2やf1に共通性が見られたことから、FEMSプログラムの筋力解析結果に妥当性があることが検証された。

③ 室内試験での検証

当社実験室で自転車こぎ試験を実施し、システムを用いたトレーニング処方の有効性を検証した。1日10分、7日間で70分のトレーニング前後において、実効筋力測定器を用

いて、下肢が前方に押し出す力 l_{m1} (N)、後方に引く力 l_{m2} (N)、上方に押し上げる力 l_{m3} (N)、下方に押し下げる力 l_{m4} (N) を測定した。この力の大きさの増減をグラフ化した所、右足の l_{m4} を除き、すべての力は増加していることが分かった（下グラフを参照）。右足の $l_{m1} \sim l_{m4}$ の増加率は、41.1, 9.2, 80.7, -6.5%であり、左足の $l_{m1} \sim l_{m4}$ の増加率は、45.4, 18.2, 49.9, 1.1%であった。 l_{m1} の増加は広筋群 $e2$ のパワーの増加を、 l_{m3} の増加は殿筋群 $f1$ のパワーの増加を示している。いずれも自転車こぎにとって重要な筋群の強化が数値に現れており、本システムを用いたトレーニング処方妥当性が検証されたといえる。



④ フィールド試験での検証

フィールド試験を想定した屋内試験を繰り返した後に、屋外で2度の走行試験を実施した。室内とは異なり、屋外では、

- ・クランクセンサーからPCへの送信が不安定であること
 - ・クランクセンサー信号を受信する際のヒューマン処理にエラーが発生しやすいこと
- などが判明した。最後はクランクセンサーが破損した。今後は、クランクセンサーの構造を強化し、センサー以外の部分での改良点を加えて、フィールド試験に取り組む。

2 予想される事業実施効果

① 体組成変化を考慮した調査研究

本事業の成果により、自転車こぎ運動時の転がり抵抗だけでなく、空気抵抗も考慮した上で、最適な姿勢を見出すための具体的なシステムが提示された。今後は、もとの姿勢と提示された最適姿勢において、呼吸や心拍数といった体組成変化との相関を検証するための調査研究が期待される。

② 「二関節筋と協調制御理論の応用」著作発表

本事業のアドバイザーである熊本水頼京都大学名誉教授の著書が2021.11頃に「二関節筋と協調制御理論」を出版した。この本の中で、本補助事業で高度化したFEMSシステムについて紹介された。次は、等著作の応用編を出版することになっている。出版後は、事業成果についての問い合わせも増えると予想される。

③ 「二関節筋と協調制御理論の応用」シンポジウム開催

2021.11に「二関節筋と協調制御理論」出版記念シンポジウムを開催した。そこでは、本補助事業の基礎理論である協調制御理論の内容、ならびにそれをを用いたトレーニング支援システムを自転車こぎ運動に適用した成果を公表した。2022.12には、応用例を中心とした講師を集め、自転車競技に関わるコーチ、選手、関係者を招待し、成果についての課題などの意見を収集する予定である。収集した意見の中から、本質的に重要な課題を絞り込み、本システムの目的達成を強固にする。

3 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成・改良したもの

* 画像・AI・センサーを用いた自転車こぎトレーニング支援システム

(<https://www.rccm.co.jp/product/medical/fems-program/>)

サブシステム① 実効筋力測定器

サブシステム② IOTデータ処理プログラムと前処理用統合環境

・光学式カメラによるモーション捕獲&分析機能

・ウェア型慣性センサーによるモーション捕獲&分析機能

サブシステム③ 実効筋力解析ソフトウェア2D版

サブシステム④ 実効筋力解析ソフトウェア3D版

サブシステム⑤ リアルタイム処理型実効筋力解析ソフトウェア

サブシステム⑥ 空力抵抗模擬装置

サブシステム⑦ フィールド用センサーシステム

4 事業内容についての問い合わせ先

団体名： 株式会社計算力学研究センター

(カブシキカイシャケイサンリキガクケンキュウセンター)

住所： 〒142-0041 東京都品川区戸越1-7-1 東急戸越ビル8F

代表者： 代表取締役 石井英之 (イシイヒデユキ)

担当部署： 第3技術部 (ダイ3ギジュツブ)

担当者名： 次長 岩永則城 (イワナガノリキ)

電話番号： 03-3785-3986

F A X： 03-3785-6066

E-mail： iwanaga@rccm.co.jp

U R L： <https://www.rccm.co.jp/>